

**Fertigungslinie und Verfahren zum im kontinuierlichen  
Durchlauf erfolgenden Herstellen von Gussteilen aus einer  
metallischen Schmelze, insbesondere einer  
Leichtmetallschmelze**

Die Erfindung betrifft eine Fertigungslinie zum im kontinuierlichen Durchlauf erfolgenden Herstellen von Gussteilen aus einer metallischen Schmelze, insbesondere einer Leichtmetallschmelze, mit mehreren Funktionseinheiten, unter denen sich eine Kernschieß- und Aushärteeinheit zum Fertigen von Gießkernen, eine Formmontageeinheit zur Montage von als Kernpakete ausgebildeten Gießformen, eine Gießeinheit zum Abgießen der Metallschmelze in die Gießformen, eine Abkühleinheit zum Erstarren der in der Gießform enthaltenen Metallschmelze, eine Abkühleinheit zum Abschrecken im Sinne einer Wärmebehandlung und eine Entformungseinheit zum frühzeitigen zerstörenden Entfernen der Gießform von dem Gussteil befinden.

Ebenso betrifft die Erfindung ein Verfahren zum im kontinuierlichen Durchlauf erfolgenden Herstellen von Gussteilen aus einer Metallschmelze, bei dem zunächst Gießkerne erzeugt und dann aus den Gießkernen eine als Kernpaket ausgebildete Gießform gebaut wird. In diese Gießform wird die Metallschmelze gegossen. Anschließend wird die in der Gießform enthaltene Schmelze zumindest solange kontrolliert abgekühlt, bis das Gussteil zu einer ausreichenden Formhaltigkeit erstarrt ist. Daraufhin kann

die Entformung des Gussteils beginnen, bei der die Gießform zerstört wird. Die Wärmebehandlung des Gussteiles erfolgt direkt aus der Gießhitze durch Abschrecken.

Fertigungslinien und Verfahren der voranstehend angegebenen Art werden üblicherweise bei der großtechnischen Serienfertigung von Gussteilen eingesetzt. So betreibt die Anmelderin beispielsweise eine Fertigungslinie, mit der in der beschriebenen Weise in einem automatisierten Ablauf Motorblöcke in großen Stückzahlen gegossen werden. In der bekannten Fertigungslinie ist dazu eine Anzahl von Kernschießmaschinen miteinander linear verkettet. Die Anzahl der dazu notwendigen Kernschießmaschinen entspricht dem jeweils zur Verfügung stehenden Werkzeugsatz für ein komplettes Kernpaket eines bestimmten Motorblocktyps.

Die geschossenen und fertig ausgehärteten Kerne werden über Entnahmepaletten entnommen und auf einem parallel zu den Kernschießmaschinen aufgestellten Montageband nacheinander zu einem Kernpaket montiert. Um die Wirtschaftlichkeit einer solchen Fertigungslinie zu gewährleisten, müssen Taktzeiten kleiner 60 Sekunden mit einem entsprechen Automatisierungsaufwand eingehalten werden.

Als Formstoff für die Herstellung der Kerne wird in der bekannten Fertigungslinie ein aus einem bekannten organischen Binder und einem ebenso konventionellen Formsand gemischter Formstoff eingesetzt. Dieser Formstoff wird im so genannten „Cold-Box-Verfahren“ verfestigt, bei dem durch Begasung mit einem Reaktionsgas die Aushärtung des organischen Binders bewirkt wird. Die

fertigen Gießkerne werden zu den Gießformen montiert, in einem Speicher zum Ausgasen zwischengelagert und anschließend in der Gießereinheit mechanisch zusammengespant und abgegossen.

Nach dem Vergießen der Metallschmelze wird die jeweilige Gießform in eine Erstarrungsposition gebracht von der ausgehend sie gussteilspezifisch in verspanntem Zustand für eine Zeit größer 15 Minuten eine Kühlstrecke durchlaufen. Nach der Erstarrung werden die Gießformen auf Paletten geladen und in einen Wärmebehandlungssofen gefahren. In diesem Ofen werden die Gussteile (Motorblöcke) in einem mehrere Stunden dauernden Prozess thermisch entsandt und lösungsgeglüht.

Bei der thermischen Entsandung wird der organische Binder der Gießformen bei Temperaturen im Gussteil knapp unter Solidustemperatur der eingesetzten Legierung zersetzt, so dass die Sandform in grobe Bruchstücke zerfällt. Durch weitere Beheizung, mechanische Fördereinrichtung und Siebe und den Einsatz aufwendiger Sandkühler und Bunker wird der Kernmacherei dann wieder feinkörniger Recycling-Sand zugeführt. Aufgrund des langwierigen, thermischen Prozesses sind große Mengen an Sand und lange Förderwege notwendig.

Aus der DE 40 16 112 C2 ist ferner eine automatisierte Gießereinanlage bekannt, wobei mehrere Funktionseinheiten vorgesehen sind, die durch Zwischenförderer zu einer Produktionslinie verbunden sind.

Bekannte Fertigungslinien der voranstehend beschriebenen Art ermöglichen es zwar, Motorblöcke in hohen Stückzahlen kosteneffektiv herzustellen. Dem stehen jedoch betriebliche Nachteile entgegen, die sich insbesondere

bemerkbar machen, wenn kleinere Stückzahlen hergestellt werden sollen oder die Modelle der zu gießenden Teile häufig wechseln. So ist ein hoher, durch eine Anzahl von Maschinen und Werkzeugen verursachter technischer Aufwand für die Kernfertigung erforderlich. Die große Anzahl komplexer Maschineneinheiten mit dem Zwang Taktzeiten kleiner 60 Sekunden zu fahren bringt bei einem Werkzeugwechsel, der in Folge eines Modellwechsels erforderlich wird, lange Rüstzeiten und aufwändige Montagearbeiten mit sich, die wiederum Verfügbarkeitsverluste verursachen. Diese Verluste bedingen eine geringe Flexibilität der bekannten Fertigungslinie, da einer schnellen Anpassung an geänderte Betriebsbedingungen oder Modelltypen hohe Rüstkosten und bei neuen Produkten zusätzliche Investitionskosten entgegenstehen. Für jedes Produkt müssen alle Einrichtungen auf die Realisierbarkeit einer kurzen Taktzeit ausgelegt werden.

Die Verwendung von mit organischem Binder gebundenen Kernen bringt des weiteren das Problem mit sich, dass die zur Erzeugung der Kerne eingesetzten Werkzeuge in regelmäßigen Abständen außerhalb der Kernmacherei gereinigt werden müssen. Auch sind aufwendige Abluftanlagen erforderlich, um die beim Aushärten der Kerne im „Cold-Box-Verfahren“ und bei der thermischen Verbrennung auftretenden Gase aufzufangen und zu reinigen. Diese Gase führen zudem zu entsprechenden Belastungen des Personals. Beim Gießprozess können durch gasende Cold-Box Kerne Gussfehler entstehen.

Ein weiterer, hohe Betriebskosten mit sich bringender Nachteil der bekannten Fertigungslinien besteht in der Notwendigkeit, zur Wärmebehandlung und Entsandung einen Ofen mit langen Behandlungszeiten einzusetzen, der so

hohe Temperaturen liefert, dass der Binder der Gießformen zersetzt wird und gleichzeitig eine Lösungsglühbehandlung durchgeführt wird. Die Flexibilität hinsichtlich einer Variation der Wärmebehandlungsparameter ist durch die Kopplung an die thermische Entsandung stark eingeschränkt.

Die rein thermische Entsandung erweist sich bei Sandanhaftungen (Penetration, organische Kondensate) insbesondere bei den inneren Kanälen eines Motorblockes als problematisch.

Hoher Aufwand für den Sandkreislauf aufgrund hoher Sandtemperaturen, großer Sandmengen, der Notwendigkeit, den Sand auf eine definierte Temperatur herabzukühlen und der sehr große Raumbedarf für den Ofen tragen zusätzlich dazu bei, dass die bekannten Fertigungslinien sich nur dann wirtschaftlich betreiben lassen, wenn über einen langen Produktionszyklus gleiche Motorblöcke in hohen Stückzahlen produziert werden. Dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung steht gegenüber, dass die Entwicklungszeiten bei der Neukonstruktion von Gussteilen, insbesondere im Bereich der Motorenentwicklung, immer kürzer und dementsprechend die Modelländerungen immer häufiger werden.

Ausgehend von dem voranstehend erläuterten Stand der Technik bestand daher die Anforderung, einer Fertigungslinie und ein Verfahren zum Herstellen von Gussteilen aus Leichtmetall, insbesondere Aluminium-basierten Legierungen, zur Verfügung zu stellen, die eine wirtschaftliche und flexible Produktion von komplex geformten, hochbelastbaren Gussteilen, insbesondere Motorblöcken, ermöglichen.

Diese Aufgabe ist durch eine Fertigungslinie der eingangs angegebenen Art gelöst worden, bei der erfindungsgemäß die jeweils aufeinander folgend durchlaufenden Funktionseinheiten durch jeweils eine Fördereinrichtung direkt miteinander verbunden sind und bei der der Takt, mit der die Fertigungslinie fertige Gussteile ausstößt, bestimmt ist durch den Takt, mit dem die Kernfertigungseinheit die von ihr erzeugten Gießkerne liefert.

In entsprechender Weise ist die voranstehend genannte Aufgabe durch ein Verfahren zum Herstellen von Gießformteilen aus einer Metallschmelze gelöst worden, insbesondere einer Leichtmetallschmelze, bei dem in einem kontinuierlichen Fertigungsablauf folgende Arbeitsschritte durchlaufen werden:

- Schießen von Gießkernen in einem Kernwerkzeug aus einem Formgrundstoff und einem Binder gemischten Formstoff,
- Aushärten der Gießkerne in einem Kernwerkzeug an Stationen der Kernfertigungseinheit,
- Übergabe der Gießkerne an eine Formmontageeinheit,
- Montieren der Gießkerne zu einer als Kernpaket ausgebildeten Gießform,
- Übergabe der Gießform an eine Gießeinheit,
- Gesteuerte Formfüllung (Gießen) von Metallschmelze in die Gießform,
- Drehen der Gießform in Erstarrungsposition,

- Übergabe der mit Metallschmelze gefüllten Gießform an eine Abkühleinheit,
- Erstarren der in der Gießform enthaltenen Metallschmelze,
- Übergabe der Gießform mit dem erstarrten Gussteil an eine Entformungseinheit,
- Entformen des Gussteils unter Zerstörung der Gießform in der Entformungseinheit,
- Abschrecken des Gussteiles aus der Gießhitze,
- Ausgeben der fertigen Gussteils,
  - wobei der Takt, mit dem die fertigen Gussteile ausgegeben werden, bestimmt ist durch den Takt, mit dem die Gießkerne geschossen werden,
- Aufbereitung und Rückführung des Formstoffes in die Kernanlage.

Die Erfindung stellt eine modulare Prozesskette zur Verfügung, bei der die Bearbeitungsstationen Kernmacherei, Kernpaketmontage, Gießerei, Erstarrung, Entkernung und Abschreckung für das jeweilige Gussteil in einem kontinuierlichen Ablauf durchlaufen werden. Die einzelnen Arbeitsstationen werden dabei direkt aufeinander folgend absolviert. Unter dem Begriff „direkt“ wird in diesem Zusammenhang nicht die kürzeste räumliche Entfernung verstanden. Vielmehr ist es gemäß der Erfindung wesentlich, dass die einzelnen Funktionseinheiten unterbrechungsfrei nacheinander durchlaufen werden. Es findet ein Produktionsablauf

statt, bei dem die einzelnen Arbeitsschritte unmittelbar miteinander verkettet sind. Gießformen und Gießstücke werden in einem durchgehenden Fluss durch die Fertigungslinie gefördert.

Zwischenlager oder sonstige Speicher, wie sie beim Stand der Technik noch unvermeidbar sind, sind bei einer erfindungsgemäßen Fertigungslinie nicht vorhanden. Um dies zu erreichen, kann bei einer erfindungsgemäßen Fertigungslinie der Förderweg, über den zunächst die Gießkerne und dann die Gießformen gefördert werden, selbstverständlich so geführt werden, dass ein optimaler Arbeitsablauf unabhängig davon gewährleistet wird, ob die jeweiligen Teile auf kürzestem Wege zur jeweils nächsten Arbeitsstation transportiert werden.

Mit der erfindungsgemäßen unmittelbaren Aufeinanderfolge der einzelnen Funktionseinheiten ist es möglich, den Prozess der Gussteilherstellung von der Kernmacherei bis zum Entformen des Gussstücks „just in time“ als "one piece flow" durchzuführen. D.h., es werden jeweils nur die Gießkerne und Gießformen erzeugt, die aktuell in der Fertigungslinie benötigt werden. Die beim Stand der Technik unvermeidbare Bevorratung von Gießkernen oder Gießformen entfällt.

Um diese „just in time“- Produktion zu gewährleisten, wird der Takt des erfindungsgemäßen Produktionsprozesses durch die zeitkritischste Einheit der Fertigung, nämlich das Kernschießen, bestimmt. Die Aushärtezeiten werden auf mehrere Stationen in der Kernfertigungsanlage verteilt.

Auf diese Weise ist sichergestellt, dass stets eine ausreichende Zahl von Kernen zur Verfügung steht, aus denen dann unterbrechungsfrei Kernpakete als Gießformen montiert werden. Gleichzeitig ist gewährleistet,



dass für die Befüllung der Gießformen wiederum jeweils ausreichende Mengen an Metallschmelze vorhanden sind und dass die Kapazität der Abkühleinheit zur Erstarrung, der Entformungseinheit und der Abschreckeinheit ausreicht, um einerseits jeweils ein hinsichtlich seines Gefüges einwandfreies Gussteil zu erhalten und andererseits den als Abfall jeweils anfallenden Formstoff der Gießform aufzubereiten und der Wiederverwendung zuzuführen.

Die von der Kernfertigungseinheit ausgegebenen Kerne werden von der Formmontageeinrichtung übernommen und zu einem Kernpaket zusammengesetzt. Die an der Übergabe jeweils vorhandenen Kerne bilden dabei einen Gießkernsatz, aus dem jeweils ein die Gießform bildendes Kernpaket ohne besonderen Sortieraufwand zusammengestellt werden kann. Auf diese Weise lassen sich vollautomatisch Gießformen montieren, ohne dass es zu aufwändiger Steuerungseinrichtungen bedarf.

Gleichzeitig sind dadurch, dass die einzelnen Einheiten der Fertigungsline direkt miteinander verkoppelt sind, optimierte Transportwege gesichert, die im Ergebnis zu einer Verkürzung der Gesamtfertigungszeit beitragen.

Mit der Erfindung lassen sich so komplex geformte, hochbelastbare Gussteile, insbesondere Motorblöcke, wirtschaftlich herstellen, ohne dass es dazu aufwändiger Vorrichtungen und hohem apparativem Aufwand bedarf. Gleichzeitig kann dadurch, dass die Gießformen als Kernpakete ausgebildet sind, schnell und flexibel auf Modelländerungen der herzustellenden Gussteile reagiert werden, da die Herstellung der Kerne in einer auf einfache Weise umgestaltbaren Kernfertigungsanlage erfolgt.

Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass als Binder ein anorganischer, insbesondere ein wasserglasbasierter Binder verwendet wird. Binder dieser Art stellen bei Wärmeexposition eine hohe Formstabilität der Kerne nach dem Härten sicher. Durch Verwendung eines anorganischen Binders ist es so möglich, auch die Gießkerne, die im die Gießform bildenden Kernpaket größeren spezifischen Belastungen ausgesetzt sind dünnwandig auszubilden. Zudem haben praktische Versuche gezeigt, dass anorganische gebundene Formstoffe leicht in Wasser aufgelöst werden können und gute Zerfallseigenschaften aufweisen.

Kernpaket- Gießformen, die aus unter Verwendung von anorganischen Bindern erzeugten Kernen gebaut sind, erweisen sich somit nicht nur als robust, sondern weisen zusätzliche für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens günstige Eigenschaften auf.

Insgesamt ist das in einer erfindungsgemäßen Fertigungslinie anfallende Kernsandvolumen vermindert, da auf kurzem Weg nach dem Gießen in Wasser entkernt wird und die Gießform als dünnwandiges Kernpaket mit den genannten Vorteilen ausgebildet sein kann.

Die zum Halten und Transportieren des Kernpaketes benötigten Teile (Spannvorrichtungen, Kühleisen, Kokillensegmente, Stützelemente, Spannvorrichtungen etc.) können leicht gereinigt und im Umlauf wieder verwendet werden.

Besonders geeignet erweist sich die Erfindung bei der Herstellung von komplex geformten Motorblöcken aus Aluminium- basierten Legierungen.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Kernfertigungsanlage eine Kernschiessstation, mehrere Aushärtestationen und eine Fördereinrichtung aufweist, die die Kernwerkzeuge im Umlauf von der Schießstation, den Aushärtestationen zu den Übergabestationen an die Formmontageeinrichtung und dann zurück zur Schießstation fördert.

Bei einer solchen Kernfertigungsanlage werden die benötigten Werkzeuge (Anzahl ist abhängig vom Produkt) von der Fördereinheit im Arbeitstakt weitergefördert. Das Ein- und Abfördern beim Werkzeugwechsel kann im Takt erfolgen, da nur geringe Wege zurückgelegt werden müssen. Da entlang der Förderstrecke mehrere Aushärtestationen angeordnet sind, ist die Taktzeit von Kerngröße und Aushärteverhalten des Binders weitgehend unabhängig.

Gemäß einer weiteren besonders praxisgerechten, den automatischen Produktionsablauf unterstützenden Ausgestaltung der Erfindung weist die Kernfertigungseinheit eine Einrichtung zum automatisierten Wechseln der für das Schießen der Kerne benötigten den einzelnen Werkzeugen zugeordneten Schusshauben in der Schießstation auf.

Außerdem ist eine automatische Werkzeugreinigung integriert. Kernbruch kann automatisch an einer Position an der Förderanlage entnommen werden.

Die automatische Formmontage in der Formmontageeinheit kann dadurch erleichtert werden, dass die fertigen Kerne direkt an Übernahmestationen an der Förderanlage der Kernfertigungsanlage übernommen werden.

Typischerweise umfasst die erfindungsgemäß eingesetzte Formmontageeinheit dabei mehr als eine Montagestation und eine Fördereinrichtung, fördert die jeweils zu fertigende Gießform nacheinander folgend zu den Montagestationen. Jede der Montagestationen kann eine spezielle Aufgabe ausführen und verfügt ggf. über Zwischenlager, Kernklebestationen, Linierzuführung, Verschraubungsvorrichtungen etc.

Dies ermöglicht es, relativ einfache, an einen bestimmten Montageablauf angepasste Automaten für den Zusammenbau der Gießformen einzusetzen.

Sollen zusätzliche Bauelemente in die Metallschmelze eingegossen werden, wie beispielsweise Zylinderverstärkungen (Liner) oder Lagerstuhlverstärkungen, so ist es günstig, wenn die Fertigungslinie eine Erwärmungseinrichtung zum Erwärmen dieser in das Gussteil einzugießenden Bauelemente umfasst. Dabei ist es für die angestrebte Kontinuität des Produktionsablaufes günstig, wenn die Erwärmungseinrichtung in die Gießeinheit integriert ist und die Erwärmung im Anlagentakt stattfindet.

In dem die Erwärmung unmittelbar vor dem gesteuerten Formfüllen (Gießen) erfolgt, ist die Gefahr einer unkontrollierten Abkühlung auf ein Minimum reduziert. Die Temperatur der einzugießenden Bauteile kann bei geringem Energieaufwand gezielt eingestellt und mit dem Formfüll- und Erstarrungsablauf des gesamten Gussteiles abgestimmt werden.

Bewerkstelligen lässt sich dies auf einfache Weise insbesondere dann, wenn die Erwärmungseinrichtung induktiv arbeitet.

Die Einbindung der Gießeinheit in den durch die Kernfertigungseinheit vorgegebenen Arbeitstakt kann dadurch realisiert werden, dass die Gießeinheit einen Drehtisch umfasst, der die jeweils von der Formmontageeinheit zur Gießeinheit geförderte Gießform an einer Übergabestation von der die Formmontageeinheit mit der Gießeinheit verbindenden Fördereinrichtung übernimmt, die Gießform in einer Schwenkbewegung zu einer Gießstation fördert und die Gießform nach dem in der Gießstation erfolgten gesteuerten Formfüllvorgang mit Schmelze weiter zu einer Übergabestation fördert, an der sie die jeweilige Gießform an die zur Abkühleinheit führende Fördereinrichtung übergibt.

Die gesteuerte Formfüllung kann durch Ankoppeln der Gießformen an einen bekannten Niederdruckgießofen, gasdruckgeregeltem Schmelzetransport in den Formhohlraum, Verschließen der Eingussöffnung und anschließendem 180°- Drehung in Erstarrungsposition (roll-over) erfolgen. Alternativ kann die Drehbewegung zur Steuerung des Formfüllvorganges genutzt werden.

Als besonderer Vorteil entstehen bei Kernpaketen aus anorganischen Bindern kaum Gase beim Kontakt mit Schmelze, da der Binder nicht verbrennt.

Erforderlichenfalls lassen sich lokale Kühlkokillen einsetzen, um Wärme aus dem Bereich von Bohrungen, Lagerstühlen, Materialanhäufungen etc. gezielt abzuführen.

Das beim Stand der Technik nur aufwändig durchführbare Lösungsglücken kann dadurch vermieden werden, dass die Gussstücke ausgehend von einer bestimmten Temperatur abgeschreckt werden. Um dies zu ermöglichen, sieht eine

weitere Ausgestaltung der Erfindung vor, dass die Abkühleinheit eine Abschreckstation zum Abschrecken des Gussteiles aus der Gießhitze heraus aufweist.

Die Entkernung des erstarrten Gussteiles kann in an sich bekannter Weise durch Flüssigkeitsstrahlen erfolgen. Dazu weist die Entformungseinheit bevorzugt eine Flüssigkeitsstrahleinrichtung zum Zerstören der Gießform auf. Mit einer solchen Flüssigkeitsstrahleinrichtung können auch die im Gussteil sitzenden Gießkerne ausgespült werden.

Auch kann die Entformungseinheit ein mit Flüssigkeit befüllbares Becken umfassen, in das die Gießform einsetzbar ist. Indem die Gießform mit dem Gussstück in der Flüssigkeit bewegt wird oder Wasserstrahldüsen im Becken angeordnet sind lässt sich der Zerfall der Gießform beschleunigen. Zu diesem Zweck kann dem Flüssigkeitsbecken eine Bewegungseinrichtung zum Bewegen der in das Becken getauchten Gießform zugeordnet sein. Die in der Flüssigkeit aufgefangenen Gießformteile zerfallen weiter zu fein körnigem Formstoff und lassen sich auf einfache Weise aus dem Flüssigkeitsbecken austragen.

Als Flüssigkeit zum Zerstören der Gießform und Ausspülen des Formstoffes eignet sich insbesondere Wasser ggf. mit Additiven, das auf eine bestimmte, den Zerfall des Formstoffs der Gießform zusätzlich unterstützende Temperatur erwärmt sein kann.

Eine besonders praxisgerechte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Abkühleinheit und die Entformungseinheit zu einer kombinierten Abkühl- und Entformungseinheit zusammengefasst sind.

Die beim Stand der Technik aufgrund der Verwendung organischer Binder verursachten Probleme lassen sich dadurch beseitigen, dass als Binder des Formstoffs ein anorganischer Binder eingesetzt wird. Derartige aus dem Stand der Technik an sich bekannte Bindersystem lassen sich durch Wärmezufuhr härten, ohne dass dabei die Umwelt oder das Maschinenpersonal belastende Gase austreten.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt schematisch eine Fertigungslinie 1 zum vollautomatischen Herstellen von Motorblöcken aus einer Aluminiumlegierung in einer Draufsicht. Die Fertigungslinie umfasst eine Kernfertigungseinheit 2 zum Fertigen von Gießkernen, eine Formmontageeinheit 3 zur Montage von als Kernpakete ausgebildeten Gießformen G, eine Gießeinheit 4 zum Abgießen von Aluminiumschmelze in die Gießformen G, eine Abkühleinheit 5a zum Erstarren der in der Gießform G enthaltenen Metallschmelze und eine Entformungseinheit 5b zum zerstörenden Entfernen der jeweiligen Gießform G sowie eine Abschreckeinheit 5c des Gussteiles M.

Die Kernfertigungseinheit 2 weist eine Kernschießstation 6 und eine als Förderstrecke ausgebildete Transporteinrichtung 7 auf. Die Transporteinrichtung 7 ist in vier Teilstrecken 7a, 7b, 7c, 7d aufgeteilt, die rechtwinklig zueinander derart angeordnet sind, dass sie in Draufsicht die Seitenlinie eines Rechteckes bilden. Über eine parallel zu den kürzeren Teilstrecken 7a, 7c angeordnete Förderstrecke 7e können die

Kernwerkzeugoberteile WO zur Teilstrecke 7d gefördert werden. Die Kernschießstation 6 ist dabei in einem Eckbereich der Transporteinrichtung 7 positioniert, an dem die Teilstücke 7a und 7d der Transporteinrichtung aufeinander stoßen. In der Kernschießstation 6 werden in an sich bekannter Weise aus einem anorganischen Binder und einem Quarzsand oder synthetischen Sand gemischten Formstoff Gießkerne geschossen.

Der Kernschießstation 6 ist eine Schusshaubenwechseleinrichtung 8 zugeordnet, die die in der Kernschießstation 6 jeweils eingesetzte Schusshaube werkzeugspezifisch bereitstellt.

Zum Aushärten der Kerne durch Wärmeexposition und Spülluft werden die Werkzeuge W in die Aushärtestationen A positioniert. In der Mitte des Teilstückes 7b werden die Werkzeugoberteile WO abgehoben und der Förderstrecke 7e übergeben.

Anschließend ist ein erster Montageroboter 11 der Formmontageeinheit 3 zugeordnet, der aus der Aushärtestation A austretende und über das Teilstück 7b transportierte Kerne aus dem Werkzeugunterteil WU übernimmt.

Weitere dem Übernahmeroboter 11 entsprechende Montageroboter 10 der Formmontageeinheit 3 sind entlang des dem Teilstück 7a gegenüberliegend angeordneten Teilstück 7c der Transporteinrichtung 7 positioniert. Ein letzter Montageroboter 9 der Montageeinheit 3 ist in Förderrichtung F am Anfang des Teilstücks 7b gegenüberliegend angeordneten Teilstück 7d positioniert. An den Teilstücken 7b, 7c, 7d, der Transporteinrichtung 7 sind auf diese Weise Übergabestationen gebildet, an denen



die fertigen Gießkerne an die Formmontageeinheit 3 übergeben werden. Die jeweils eine Montagestation bildenden Montageroboter 9-11 der Formmontageeinheit 3 setzen aus den von ihnen jeweils übernommenen Gießkernen als Kernpakete ausgebildete Gießformen G zusammen.

Die Gießformen G werden über eine als Förderstrecke ausgebildete Fördereinrichtung 12 transportiert an den Montagerobotern 9-11 entlang gefördert. Die Fördereinrichtung 12 weist drei linear verlaufende Teilstücke 13,14,15 auf, von denen in Draufsicht das erste Teilstück 13 im rechten Winkel zum zweiten Teilstück 14 und das dritte Teilstück 15 wiederum im rechten Winkel zum zweiten Teilstück 15 angeordnet ist, so dass die Teilstücke 13- 15 in Draufsicht U-förmig angeordnet sind.

Auf dem ersten Teilstück 13 der Transporteinrichtung 12 werden von dem ersten Montageroboter 11 die ersten Gießkerne der jeweiligen Gießform G zusammengesetzt. Anschließend gelangen die in diesem Zustand teilweise fertig gebauten Gießformen G auf das Teilstück 14 der Fördereinrichtung 12 und werden auf diesem entlang der Montageroboter 10, 9 gefördert die jeweils weitere Gießkerne G zu der jeweiligen Gießform hinzufügen, bis beim Verlassen der Formmontageeinheit 3 die Gießform fertig zusammengestellt ist.

Vom Teilstück 14 der Transportvorrichtung 12 gelangen die Gießformen G auf das Teilstück 15, das sie zu einem Drehtisch 16 leitet. Der Drehtisch 16 übernimmt die jeweilige Gießform G und transportiert in einer 90° Drehung zu einer Heizstation 17 in der in den zu fertigenden Motorblock einzugießende Inserts (z.B. Liner

etc.) oder Kokillenteile (z.B. Messingpinolen für Bohrungsbereich etc.) induktiv erwärmt werden.

Durch eine weitere 90°- Drehung des Drehtisch 16 wird die Gießform G zur Gießstation 18 der Gießeinheit 4 gefördert. Dort wird die Aluminiumschmelze in die jeweilige Gießform G befördert. Anschließend fördert der Drehtisch 16 wieder die mit Schmelze gefüllte Gießform G zu einer Übergabestation, an der die Gießform G an eine weitere als Förderstrecke ausgebildete Fördereinrichtung 19 übergeben wird.

Während der Abkühlung wird die Gießform G über eine gradlinig ausgebildete Förderstrecke 20 der Abkühleinheit 5a weitertransportiert. Am Ende der Förderstrecke 20 ist die Erstarrung der Aluminiumschmelze in der Gießform G soweit abgeschlossen, dass das in ihr gebildete Gussteil M eine feste Form erhalten hat.

Vom Ausgang der Abkühleinheit 5a wird die nach wie vor ihre ursprüngliche Gestalt besitzende Gießform G über eine ebenfalls als Förderstrecke ausgebildete, im rechten Winkel zur Förderstrecke 20 der Abkühleinheit 5a angeordnete Fördereinrichtung 21 zu einer Übernahmestation der Entformungseinheit 5b transportiert. Dort übernimmt ein Gießformmanipulator (Roboter) 22 die jeweilige Gießform G und taucht sie in ein Wasserbecken 23.

In dem mit temperierten Wasser gefüllten Wasserbecken 23 wird die Gießform G bewegt, um ihren Zerfall beschleunigt einzuleiten. Zusätzlich kann durch nicht dargestellte Wasserstrahleinrichtungen die Gießform G beschleunigt zerstört und im Inneren des erstarrten Gussteils M liegende Kerne ausgespült werden.

Die Bruchstücke der Gießform G werden in dem Wasserbecken 23 aufgefangen und zerfallen, da sich der anorganische Binder in dem Wasserbecken 23 auflöst. Dabei fällt feinkörniger Formgrundstoff an. Der Formgrundstoff wird mit neuem anorganischen Binder wieder zu neuem Formstoff gemischt und wieder der Kernfertigungseinheit 2 zugeführt.

Der anorganische Binder dagegen wird teilweise im Wasser des Wasserbeckens 23 gelöst. Das den Binder enthaltene Wasser wird ebenfalls einer Aufbereitung zugeführt und in den Produktionskreislauf zurückgeführt.

Nach dem Entformen wird das nun von Gießkernrückständen freie Gussteil (Motorblock) M über eine Förderstrecke 25 einer Nachbearbeitungseinheit 26 zugeführt, in der es entgratet, gesägt und erforderlichenfalls weiteren Nachbearbeitungsoperationen unterzogen wird.

Der Takt, mit dem die Gussteile M aus der Fertigungslinie 1 ausgestoßen werden, ist durch den Takt bestimmt, mit dem die Kernfertigungseinheit 2 die von ihr erzeugten Gießkerne an die Formmontageeinheit 3 liefert. Für den Transport der Gussteile, ihre Behandlung in den einzelnen Funktionseinheiten 2-6 der Fertigungslinie 1 wird aufgrund der direkten Verkettung dieser Einheiten 2-6, der schnellen Abkühlung und der mit der Abkühlung direkt kombinierten Entsandung nur eine geringe Zahl von Gussteilmanipulatoren (Robotern) benötigt. Auch dies führt dazu, dass die erfindungsgemäße Fertigungslinie mit geringem Aufwand an Maschinen und Kosten in besonders wirtschaftlicher Weise hochwertige Gussteile in relativ kleinen Stückzahlen produzieren kann.

## Bezugszeichen:

1	Fertigungslinie
2	Kernfertigungseinheit
3	Formmontageeinheit
4	Gießeinheit
5a	Abkühleinheit
5b	Entformungseinheit
5c	Abschreckeinheit
6	Kernschießstation
7	Transporteinrichtung
7a - 7d	Teilstrecken der Transporteinrichtung
8	Schusshaubenwechseleinrichtung
9 - 11	Montageroboter
12	Fördereinrichtung
13 - 15	Teilstücke der Fördereinrichtung 12
16	Drehtisch
17	Heizstation (induktiv)
18	Gießstation der Gießeinheit 4
19	Fördereinrichtung
20	Förderstrecke der Abkühleinheit 5a
21	Fördereinrichtung
22	Gießformmanipulator der Entformungseinheit 5b
23	Wasserbecken der Entformungseinheit 5b
24	Aufbereitungseinheit
25	Förderstrecke
26	Nachbearbeitungseinheit
F	Förderrichtung der Transporteinrichtung 7
G	Gießformen
M	Gussteile
W	Kernwerkzeuge
WO	Kernwerkzeugoberteil
WU	Kernwerkzeugunterteil
A	Aushärtestation

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Fertigungslinie zum im kontinuierlichen Durchlauf erfolgenden Herstellen von Gussteilen (M) aus einer metallischen Schmelze, insbesondere einer Leichtmetallschmelze, mit mehreren Funktionseinheiten, unter denen sich eine Kernfertigungseinheit (2) zum Fertigen von Gießkernen, eine Formmontageeinheit (3) zur Montage von als Kernpakete ausgebildeten Gießformen (G), eine Gießeinheit zum abgießen der Metallschmelze in die Gießformen (G), eine Abkühleinheit (5a) zum Abkühlen der in den Gießformen (G) jeweils enthaltenen Metallschmelze und eine Entformungseinheit (5b) zum zerstörenden Entfernen der Gießform (G) von dem Gussteil (M) befinden, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die jeweils aufeinander folgend durchlaufenden Funktionseinheiten (2 - 5b) durch jeweils eine Fördereinrichtung (12,19) direkt miteinander verbunden sind und d a s s der Takt, mit dem die Fertigungslinie (1) fertige Gussteile (M) ausstößt, bestimmt ist durch den Takt, mit dem die Kernfertigungseinheit (2) die von ihr erzeugten Gießkerne liefert.
2. Fertigungslinie nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Kernfertigungseinheit (2) eine Übergabestation zum

Übergeben der fertigen Kerne an die Formmontageeinrichtung (3) und eine Fördereinrichtung (7) aufweist, die die Kernschießwerkzeuge im Umlauf von der Übergabestation zu einer Kernschießstation und dann zurück zu der Übergabestation fördert.

3. Fertigungslinie nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Fördereinrichtung (7) als Förderstrecke ausgebildet ist und d a s s entlang der Förderstrecke mehr als eine Aushärtestation angeordnet ist.
4. Fertigungslinie nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Kernfertigungseinheit (2) eine Einrichtung zum automatisierten Wechseln der für das Schießen der Kerne benötigten produktspezifischen Kernwerkzeuge aufweist und d a s s der Takt, mit dem der Wechsel erfolgt, mit dem Takt verkoppelt ist, mit dem die Kernfertigungseinheit (2) die von ihr erzeugten Gießkerne liefert.
5. Fertigungslinie nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Formmontageeinheit (3) eine Übernahmestation, mit der sie die von der Kernfertigungseinrichtung ausgegebenen fertigen Kerne übernimmt, und eine Fördereinrichtung (12) umfasst, die zu fertigende Gießform (G) nacheinander zu den Montagestationen (9-11) fördert.

6. Fertigungslinie nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Formmontageeinheit (3) mehr als eine Montagestation umfasst und dass die Fördereinrichtung (12) die jeweils zu fertigende Gießform (G) nacheinander folgend zu den Montagestationen fördert.
7. Fertigungslinie nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s sie eine Erwärmungseinrichtung zum Erwärmen von in das Gussteil (M) einzugießenden Bauelementen umfasst.
8. Fertigungslinie nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Erwärmungseinrichtung in die Gießeinheit (4) integriert ist und die geförderte Gießform (G) mit den in sie eingesetzten, einzugießenden Formelementen die Erwärmungseinrichtung im Takt durchläuft.
9. Fertigungslinie nach einem der Ansprüche 7 oder 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Erwärmungseinrichtung induktiv arbeitet.
10. Fertigungslinie nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die zur Gießeinheit (4) einen Drehtisch (16) umfasst, der die jeweils von der Formmontageeinheit (3) zur Gießeinheit (4) geförderte Gießform (G) an einer Übergabestation von der die Formmontageeinheit (3)

mit der Gießeinheit verbindenden Fördereinrichtung übernimmt, die Gießform (G) in einer Schwenkbewegung zu einer Gießstation (18) fördert und die Gießform (G) nach dem in der Gießstation erfolgten gesteuerten Füllen mit Schmelze in Erstarrungsposition dreht und weiter zu einer Übergabestation fördert, an der sie die jeweilige Gießform (G) an die zur Abkühlungseinheit (5) führende Fördereinrichtung (19) übergibt.

11. Fertigungslinie nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Abkühleinheit eine Abschreckstation zum Abschrecken des Gussteils (M) aus der Gießhitze heraus aufweist.
12. Fertigungslinie nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Entformungseinheit (5b) eine Flüssigkeitsstrahleinrichtung zum Zerstören der Gießform (G) aufweist.
13. Fertigungslinie nach Anspruch 12, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Flüssigkeitsstrahleinrichtung zum Ausspülen der Gießkerne aus dem Gussteil bestimmt ist.
14. Fertigungslinie nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Entformungseinheit (5b) ein mit Flüssigkeit



befüllbares Becken umfasst, in das die Gießform einsetzbar ist.

15. Fertigungslinie nach Anspruch 14, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s dem Flüssigkeitsbecken eine Bewegungseinrichtung zum Bewegen der in das Becken getauchten Gießform (G) zugeordnet ist.
16. Fertigungslinie nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Abkühleinheit (5c) und die Entformungseinheit (5b) zu einer kombinierten Abschreck- und Entformungseinheit zusammengefasst sind.
17. Verfahren zum automatischen Herstellen von Gießformteilen (M) aus einer Metallschmelze, insbesondere einer Leichtmetallschmelze, bei dem in einem kontinuierlichen Fertigungsablauf folgende Arbeitsschritte durchlaufen werden:
  - Erzeugen von Gießkernen in einer Kernfertigungseinheit (2) aus einem aus Formgrundstoff und einem Binder gemischten Formstoff,
  - Übergabe der Gießkerne an eine Formmontageeinheit (3)
  - Montieren der Gießkerne zu einer als Kernpaket ausgebildeten Gießform (G)
  - Übergabe der Gießform (G) an eine Gießeinheit (4)
  - Gesteuerte Formfüllung (Gießen) von Metallschmelze in die Gießform (G)

- Übergabe der mit Metallschmelze gefüllten Gießformen (G) an eine Abkühleinheit (5a)
  - Abkühlen der in der Gießform (G) enthaltenen Metallschmelze,
  - Übergabe der Gießform (G) mit dem abgekühlten Gussteil (M) an eine Entformungseinheit (5b),
  - Entformen des Gussteils (M) unter Zerstörung der Gießform (G) in der Entformungseinheit (5b)
  - Abschrecken des Gussteiles aus der Gießhitze
  - Ausgeben des fertigen Gussteils (M)
  - wobei der Takt, mit dem die fertigen Gussteile (M) ausgegeben werden, bestimmt ist durch den Takt, mit dem die Gießkerne erzeugt werden.
18. Verfahren nach Anspruch 17, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s der Binder des Formstoffs ein anorganischer Binder ist.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 oder 18, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die jeweilige Übergabe einen Transport von der einen Einheit (2- 5a) zur nächstfolgenden Einheit (3-5b) umfasst.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Gießform (G) im Zuge der Abkühlung in ein mit Kühlflüssigkeit gefülltes Becken getaucht wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, d a s s zwischen  
Gießform (G) und Kühlflüssigkeit eine starke  
Relativbewegung erzeugt wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
das Entformen des Gussstücks (M) mittels einer  
Flüssigkeit erfolgt, durch die die Bindung des  
Formstoffs aufgelöst wird.
23. Verfahren nach Anspruch 22, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, d a s s der von der  
Flüssigkeit gelöste Formstoff aufgefangen und einer  
Aufbereitung zugeführt wird.

